

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

1, 2, 3, 4,
↓
↓
↓
↓
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-186033

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

7/9/99 1026)

(51)Int.Cl.

H01F 10/14
G11B 5/66

(21)Application number : 09-347562

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.12.1997

(72)Inventor : TAKAHASHI HIROMASA
IGARASHI KAZUSUKATSU(54) FERROMAGNETIC METALLIC COMPOUND FILM, ITS MANUFACTURE, AND
MAGNETIC RECORD MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ferromagnetic metallic compound film which can be used for high-density recording, by fixing saturated magnetic flux density of the film within a specific range, and making vertical anisotropy energy of the compound film controllable to an arbitrary value in a specific range by controlling the size and thickness of the area where the atoms invaded into the compound film are regularly arranged.

SOLUTION: A ferromagnetic metallic compound film is formed on a single-crystal substrate and composed of a body-centered tetragonal crystal, which is formed on a single-crystal substrate and in which nonmagnetic atoms of N or C are made to infiltrate into at least one kind of ferromagnetic metallic atoms selected from among Fe, Co, and Ni and a magnetic recording medium is constituted in a multilayered film containing at least one ferromagnetic metallic compound film thus formed. For an Fe₁₆N₂ single-crystal film formed on a single-crystal substrate, the vertical anisotropy energy is adjusted to an arbitrary value between 6×10^6 erg/cc and 25×10^6 erg/cc when the saturation magnetization of the film is 29.2 ± 0.7 kG. For an Fe-N martensite film, the vertical anisotropy energy varies between 1×10^6 erg/cc and 5×10^6 erg/cc, when the saturated magnetic flux density is 24.2 ± 0.5 kG at a room temperature.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Between the crystal lattices of the pure metal or alloy which consists of iron (Fe), cobalt (Co), and at least one ferromagnetic metal atom of nickel (nickel) In a compound film with the body-centered tetragon into which the nitrogen (N) or the carbon (C) atom which is a nonmagnetic atom was made to invade When the invasion atom in the aforementioned compound film controls the size and thickness of a field which were arranged regularly Saturation magnetic flux density has constant value to fixed composition of the compound concerned with one value of 20 or more-kG 30 or less kG within the limits. And the ferromagnetic metallic-compounds film characterized by the ability to control by within the limits whose perpendicular anisotropy energy of the film concerned is $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or more $5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ to any value.

[Claim 2] The ferromagnetic metallic-compounds film charged by the above-mentioned claim 1 is a Fe_{16}N_2 (001) single-crystal film, and, for the perpendicular anisotropy energy in the room temperature of the film concerned, saturation magnetic flux density is $6 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or more $25 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ at $29.2 \pm 0.7 \text{ kG}$. Ferromagnetic metallic-compounds film characterized by having a Fe_{16}N_2 (001) single-crystal film controllable to the any value of the following ranges.

[Claim 3] The ferromagnetic metallic-compounds film characterized by saturation magnetic flux density having nitriding **** which is nitriding **** in which the ferromagnetic metallic-compounds film charged by the above-mentioned claim 1 has the martensite structure below 15at.% more than nitrogen-content 0.1at.%, and the perpendicular anisotropy energy of the film concerned can control by the room temperature in the state of $24.2 \pm 0.5 \text{ kG}$ in the range $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or more $5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or less.

[Claim 4] It is nitriding **** charged by the above-mentioned claim 1, and the nitrogen content in nitriding **** is below 15.0at.% more than 0.1at(s).%. The crystal structure of the nitriding **** contains at least a part of one side among Fe_{16}N_2 and Fe-N martensite. saturation magnetic flux density at a room temperature in the state of $24.2 \pm 0.5 \text{ kG}$ [the perpendicular anisotropy energy of the film concerned] The ferromagnetic metallic-compounds film characterized by having nitriding **** which changes in the range $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or more $25 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or less.

[Claim 5] The ferromagnetic metallic-compounds film characterized by having the multilayer-structure film which contained at least one layer of ferromagnetic metallic-compounds films shown by the above-mentioned claims 1-4 during film composition.

[Claim 6] When producing the ferromagnetic compound to the above-mentioned claims 1-5, it is N_2 as a controlled atmosphere. It is NH_3 in gas. Gas which mixed gas by 35% or less of concentration 0% or more, Or it adds to the aforementioned mixed gas and is H_2 . The gas which mixed gas by 20% or less of concentration 0% or more is used. The production method of the above-mentioned claim 1 characterized by producing using the single crystal or metal membrane which a lattice constant becomes from 5.653Å or more material 6.058Å or less as a substrate by carrying out the vacuum evaporation of the Fe directly on the aforementioned substrate, or a ferromagnetic metallic-compounds film given in five.

[Claim 7] When producing the ferromagnetic compound to the above-mentioned claims 1-5, it is CH_4 to Ar gas as a controlled atmosphere. Gas which mixed gas by 35% or less of concentration 0% or more,

Or it adds to the aforementioned mixed gas and is H₂. The gas which mixed gas by 20% or less of concentration 0% or more is used. The production method of the ferromagnetic metallic-compounds film characterized by carrying out the vacuum evaporation of the Fe directly on the aforementioned substrate using the single crystal or metal membrane which a lattice constant becomes from 5.653Å or more material 6.058Å or less as a substrate.

[Claim 8] It has the structure of passing the gas deviation mechanism in which the production equipment is indicated by the above-mentioned claims 6 and 7, and consists a slack controlled atmosphere of heat-source equipment or apparatus for generating ion in the production method indicated in the above-mentioned claims 6 and 7. The production method of the above-mentioned claim 1 characterized by controlling the nitrogen or carbon concentration in the film which the deviation state of gas is changed and is produced by changing the input energy supplied to these gas deviation mechanism, or a ferromagnetic metallic-compounds film given in five.

[Claim 9] The production method of the ferromagnetic metallic-compounds film characterized by closing changing the size of a perpendicular magnetic anisotropy in the ferromagnetic compound film indicated to the above-mentioned claims 1-5 by the temperature which carries out a heat aging treatment at the sample temperature of the 150-degree-C or more range of 250 degrees C or less in the vacuum atmosphere of 1x10 to 7 or less Torrs, and time if possible.

[Claim 10] The production method of the ferromagnetic metallic-compounds film characterized by controlling [about the ferromagnetic compound film indicated to the above-mentioned claims 1-5] the size of a perpendicular magnetic anisotropy to become large by making substrate temperature under film production high in [80 degrees-C or more] 300 degrees C or less.

[Claim 11] The production method of the ferromagnetic metallic-compounds film characterized by changing the size of a perpendicular magnetic anisotropy by carrying out film production of the evaporation rate under film production s with the suitable value of the range of 0.004Å /or more 0.02Å/s or less about the ferromagnetic compound film indicated to the above-mentioned claims 1-5.

[Claim 12] The magnetic-recording medium characterized by using for the record layer upper layer of the vertical-magnetic-recording medium equipped with the substrate and the record layer the above-mentioned claim 1 or the ferromagnetic metallic-compounds film indicated five times.

[Claim 13] The magnetic recording medium characterized by having the vertical-magnetic-recording medium shown by the above-mentioned claim 12 as a record medium.

[Translation done.]

and it has the high saturation magnetization and high perpendicular magnetic anisotropy for making the output from a record layer higher, and is in offering the fundamental structure of the material which can control this perpendicular magnetic anisotropy further, and the vertical-magnetic-recording medium using this.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In the state where saturation magnetization is high, the technical problem of this invention is in the point which shows the matter which can set a perpendicular magnetic anisotropy as any value in the specific range in the state of the same composition, though it is fixed.

[0010] Here, a perpendicular magnetic anisotropy means the ease of turning when turning the direction of membranous magnetization in the perpendicular direction to a film surface. When a perpendicular anisotropy energy is large, magnetization has comparatively easily the property to turn to a direction perpendicular to a film surface. When especially this perpendicular anisotropy energy is higher than the magnetostatic energy by magnetization, even if it does not give an external magnetic field, magnetization has magnetization perpendicular to a film surface. Moreover, coercive force is the size of a required magnetic field, when it is going to turn the sense of magnetization to an opposite direction. There must be coercive force in a magnetic-recording medium into the range in which record demagnetization is possible more greatly than the disorder magnetic field received from the external world.

[0011] The material offered by this invention is a multilayer by which hidden composition is further carried out at least in the ferromagnetic compound film which has the body-centered tetragon into which the nonmagnetic atom N or C was made to invade in at least one kind of ferromagnetic metal atom of Fe, Co, and nickel which were produced on the single crystal substrate, and this ferromagnetic compound film. Fe₁₆N₂ especially produced on the single crystal substrate. About a single crystal film, saturation magnetization is in the state of $29.2 \times 10^6 \text{ G}$, a perpendicular anisotropy energy takes the any value of the range of $6 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or more $25 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ or less, by the Fe-N martensite film, saturation magnetic flux density is in the state of $24.2 \times 10^6 \text{ G}$ at a room temperature, and a perpendicular anisotropy energy changes from $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ to $5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$. This saturation magnetization is the largest in 3d metals, such as Fe and Co, is about 3 times as large as the greatest saturation magnetization of a NiFe system, and is a practically sufficiently large value. It is larger than Fe also about an Fe-N martensite film. It turns out that a quite big value is taken also about a perpendicular magnetic anisotropy as compared with Co.

[0012] It will become body-centered tetragonal structure, and it will turn out that the magnetic moment increases, and the reason for having chosen this material will be because the perpendicular anisotropy energy was higher than the conventional metal at this time, if atoms, such as N, trespass upon the specific atomic position in ferromagnetic metals, such as Fe, Co, and nickel, alternatively experimentally and a crystal lattice is extended in 1 shaft. Although the principle is unknown, it is considered by the size of the rule field in a film for the magnetic anisotropy to be large, and if the size of the high field of a degree of order becomes large, it will be thought that the perpendicular magnetic anisotropy is increasing.

[0013] By this invention, I think that the magnetic recording medium which makes high recording density possible by the vertical-magnetic-recording medium of the multilayer from which a monostromatic is constituted by this at least in such a ferromagnetic compound film and this, and the high power using this is realizable.

[0014]

[Embodiments of the Invention] The ferromagnetic compound film or multilayer of this invention was produced by the following methods. The produced film is (1) Fe₁₆N₂. They are a film, (2) FeN martensite film, and (3) FeC martensite film. (1) to (3) was produced with ultra-high-vacuum vacuum evaporation equipment. The substrate which deposited Fe film of 30nm of thickness was used as a substrate on the GaAs (001) single crystal substrate, the InGaAs (001) single crystal substrate, or the MgO (001) single crystal substrate. The temperature up of the temperature of these substrates was carried out in ultra-high-vacuum vacuum evaporation equipment in [120 degrees-C or more] 250

degrees C or less, and it was presupposed that it is fixed. Each film was produced as follows.

[0015] (1) Suppose that it is fixed at the substrate temperature of 200 degrees C on a Fe₁₆N₂ film GaAs (001) single crystal substrate, and it is a 0.01A [s] evaporation rate in the N₂+NH₃ gas atmosphere of 2x10⁻⁴Torr. It produced. Thickness is 34nm.

[0016] (2) Suppose that it is fixed at the substrate temperature of 150 degrees C on a FeN martensite film GaAs (001) single crystal substrate, and it is a 0.01A [s] evaporation rate in the N₂+NH₃ gas atmosphere of 2x10⁻⁴Torr. It produced. Thickness is 80nm.

[0017] (3) Suppose that it is fixed at the FeC martensite film substrate temperature of 150 degrees C, and it is CH₃ simultaneously. The beam which ionized gas is irradiated on a film front face, and it is a 0.01A [s] evaporation rate. It produced. Thickness is 40nm.

[0018] Fe₁₆N₂ of (1) mentioned above The X diffraction pattern about some fields in a membranous room temperature is shown in drawing 1 (a), (b), and (c). At less than 1 degree, the width of face ($\delta\theta_{50}$) of the peak of drawing 1 to an X diffraction is thin enough, and is good crystallinity, and a film is a single crystal film. The lattice constant of an a-axis and c axis is called for with 5.72 and 6.28Å from this peak angle, respectively. Therefore, it turns out that a body-centered tetragon is taken as the crystal structure. The lattice constant of an a-axis and c axis is called for with 5.72 and 6.28Å, respectively. The method of searching for from the amplitude of a magnetic torque curve as shown in drawing 2 as a means to measure a magnetic anisotropy about this film is common. As a result of measuring by such method, perpendicular MAG torque is set to cc in 2.4x10⁷erg/. Since saturation magnetic flux density is 29kG(s), a perpendicular magnetic anisotropy is 7.8x10⁶erg/cc, and an anisotropy field is set to 6.8kOe(s). As a result of measuring from (2) to (3) similarly, in (2), perpendicular MAG torque is set to cc in 1.9x10⁷erg/. a perpendicular magnetic anisotropy since saturation magnetic flux density is 24kG(s) -- 3.9x 10⁶erg/cc it is -- an anisotropy field is set to 4.1kOe (s) At (3), perpendicular MAG torque is 1.7x10⁷erg/cc. It becomes. Since saturation magnetic flux density is 23kG(s), a perpendicular magnetic anisotropy is 4.0x10⁶erg/cc, and an anisotropy field is set to 4.3kOe(s).

[0019] The film of (1) to (3) mentioned above can produce a different film of a perpendicular magnetic anisotropy, without saturation magnetic flux density changing by the production method. Fe₁₆N₂ of (1) When the temperature at the time of film production was changed and produced, as a film was shown in 31 of drawing 3, the perpendicular magnetic anisotropy increased with the rise of substrate temperature. Moreover, when the evaporation rate at the time of film production was made late, as shown in drawing 4, the perpendicular magnetic anisotropy increased. Moreover, when substrate temperature was heat-treated in 250 degrees C in a vacuum about the film produced on the same conditions, and heat treatment time was lengthened, as shown in drawing 5, the perpendicular magnetic anisotropy increased slowly.

[0020] When the crystal grain in a film processes the direction which becomes large from these things, a perpendicular magnetic anisotropy tends to become large. However, since the film produced at this time is a single crystal, it is thought that this processing is carrying out the operation to which the volume of the field which the invasion atom in a film has arranged regularly becomes large. This inclination is almost the same about all the films of (1) to (3) so that clearly from 32 or 33 curves.

[0021] Next, an example is shown about the vertical magnetic-recording medium using these films. The conceptual diagram of the vertical-magnetic-recording medium of this invention is shown in drawing 6. The fundamental structure of a medium consists of a substrate 62 and a record layer 61 produced on it. A NiFe film, Co film, and Cr film may be inserted between a substrate 62 and the record layer 61, the crystal grain of the film of a record layer may be controlled, and the structure 63 aiming at stabilization of magnetization may be taken.

[0022] the material used for the record layer 64 -- CoCr, CoCrPt, CoCrTa, and CoCrW etc. -- it used The case where it is made the case where this record layer 64 is used by the monolayer, and two-layer is almost the case. These record layers 64 were produced by the thickness of dozens - 100nm of numbers. Fe-N martensite was grown up into the upper surface of this record layer 64 10nm in thickness. If the perpendicular magnetic anisotropy of the film 65 at this time is adjusted and it is made for 4pims-HKP

to become smaller than the size of the record layer 64 of a ground, work which amplifies the magnetization 64 of a record layer will be carried out. Furthermore, the conceptual diagram of the equipment which read with the magnetic-recording head recorded on this vertical-magnetic-recording medium, and was equipped with the READ head of business is shown in drawing 7. The magnetic-recording heads 73, 74, and 75 are arranged with the sense with a perpendicular magnetic pole 75 to the film surface 71. Moreover, high sensitivity MR (magnetoresistance effect) head or the GMR (huge magnetoresistance effect) head is used for the reading head 76. These heads are attached in the slider with structure which surfaces slightly from the front face 71 of the vertical-magnetic-recording medium which rotates at high speed, perform record reproduction, and constitute the magnetic recording medium.

Head

[0023]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, according to this invention, a perpendicular magnetic anisotropy is large, and, moreover, the matter which can control the size of a perpendicular magnetic anisotropy, and the magnetic recording medium using it can be offered with saturation-magnetic-flux-density regularity. The vertical-magnetic-recording regenerative apparatus of high recording density may be producible with this.

[Translation done.]



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11186033 A**(43) Date of publication of application: **09 . 07 . 99**

(51) Int. Cl.

**H01F 10/14
G11B 5/66**(21) Application number: **09347562**(22) Date of filing: **17 . 12 . 97**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(72) Inventor: **TAKAHASHI HIROMASA
IGARASHI KAZUSUKATSU****(54) FERROMAGNETIC METALLIC COMPOUND FILM,
ITS MANUFACTURE, AND MAGNETIC RECORD
MEDIUM**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ferromagnetic metallic compound film which can be used for high-density recording, by fixing saturated magnetic flux density of the film within a specific range, and making vertical anisotropy energy of the compound film controllable to an arbitrary value in a specific range by controlling the size and thickness of the area where the atoms invaded into the compound film are regularly arranged.

SOLUTION: A ferromagnetic metallic compound film is formed on a single-crystal substrate and composed of a body-centered tetragonal crystal, which is formed on a

single-crystal substrate and in which nonmagnetic atoms of N or C are made to infiltrate into at least one kind of ferromagnetic metallic atoms selected from among Fe, Co, and Ni and a magnetic recording medium is constituted in a multilayered film containing at least one ferromagnetic metallic compound film thus formed. For an Fe_{16}N_2 single-crystal film formed on a single-crystal substrate, the vertical anisotropy energy is adjusted to an arbitrary value between 6×10^6 erg/cc and 25×10^6 erg/cc when the saturation magnetization of the film is 29.2 ± 0.7 kG. For an Fe-N martensite film, the vertical anisotropy energy varies between 1×10^6 erg/cc and 5×10^6 erg/cc, when the saturated magnetic flux density is 24.2 ± 0.5 kG at a room temperature.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-186033

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 F 10/14

H 0 1 F 10/14

G 1 1 B 5/66

G 1 1 B 5/66

審査請求 未請求 請求項の数13 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-347562

(22) 出願日 平成9年(1997)12月17日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 ▲高▼橋 宏昌

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 五十嵐 万寿和

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

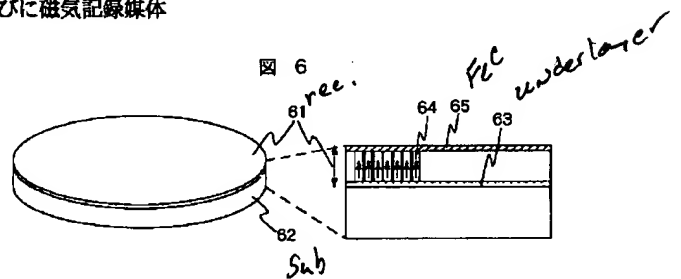
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 強磁性金属化合物膜及びその作製方法並びに磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】高感度、高記録密度用の垂直磁気記録用材料、および、垂直磁気記録媒体を得ること。

【解決手段】強磁性金属化合物膜の一定の組成に対して飽和磁束密度は20 kG以上30 kG以下の範囲内の一つの値で一定値をもち、かつ、当該膜の垂直磁気異方性エネルギーが $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上 $5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ の範囲内で任意の値に制御可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)の少なくとも一つの強磁性体金属原子からなる純金属あるいは合金の結晶格子間に、非磁性原子である窒素(N)あるいは炭素(C)原子を侵入させた体心正方晶をもつ化合物膜において、前記化合物膜中の侵入原子が規則的に配列した領域の大きさと膜厚とを制御することにより、当該化合物の一定の組成に対して飽和磁束密度は20kG以上30kG以下の範囲内の一つの値で一定値をもち、かつ、当該膜の垂直磁気異方性エネルギーが $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上 $5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ の範囲内で任意の値に制御可能であることを特徴とする強磁性金属化合物膜。

【請求項2】上記請求項1にて請求した強磁性金属化合物膜が $\text{Fe}_{16}\text{N}_2(001)$ 単結晶膜であって、当該膜の室温での垂直磁気異方性エネルギーが、飽和磁束密度が $29.2 \pm 0.7 \text{ kG}$ で、 $6 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上 $25 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以下の範囲の任意の値に制御できる $\text{Fe}_{16}\text{N}_2(001)$ 単結晶膜を有することを特徴とする強磁性金属化合物膜。

【請求項3】上記請求項1にて請求した強磁性金属化合物膜が窒素含有量0.1at.%以上15at.%以下のマルテンサイト構造をもつ窒化鉄膜であって、当該膜の垂直磁気異方性エネルギーが、飽和磁束密度が室温で $24.2 \pm 0.5 \text{ kG}$ の状態、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上 $5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以下の範囲で制御できる窒化鉄膜を有することを特徴とする強磁性金属化合物膜。

【請求項4】上記請求項1にて請求した窒化鉄膜であって、窒化鉄膜中の窒素含有量が0.1at.%以上15.0at.%以下であって、その窒化鉄膜の結晶構造が Fe_{16}N_2 と Fe-N マルテンサイトのうち少なくとも一方を一部含有し、当該膜の垂直磁気異方性エネルギーが、飽和磁束密度が室温で $24.2 \pm 0.5 \text{ kG}$ の状態、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上 $25 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以下の範囲で変化する窒化鉄膜を有することを特徴とする強磁性金属化合物膜。

【請求項5】上記請求項1から4までに示した強磁性金属化合物膜を膜構成中に少なくとも1層含んだ多層構造膜を有することを特徴とする強磁性金属化合物膜。

【請求項6】上記請求項1から5までの強磁性化合物を作製するときに、雰囲気ガスとして N_2 ガス中に NH_3 ガスを0%以上35%以下の濃度で混合したガス、あるいは、前記混合ガスに加えて H_2 ガスを0%以上20%以下の濃度で混合したガスを用い、基板として格子定数が 5.653 \AA 以上 6.058 \AA 以下の材料からなる単結晶あるいは金属膜を用い、前記基板上に直接Feを蒸着することで作製することを特徴とする上記請求項1ないし5記載の強磁性金属化合物膜の作製方法。

【請求項7】上記請求項1から5までの強磁性化合物を作製するときに、雰囲気ガスとしてArガスに CH_4 ガ

スを0%以上35%以下の濃度で混合したガス、あるいは、前記混合ガスに加えて H_2 ガスを0%以上20%以下の濃度で混合したガスを用い、基板として格子定数が 5.653 \AA 以上 6.058 \AA 以下の材料からなる単結晶あるいは金属膜を用い、前記基板上に直接Feを蒸着することを特徴とする強磁性金属化合物膜の作製方法。

【請求項8】上記請求項6と7とにおいて記載した作製方法において、その作製装置が上記請求項6と7とに記載された雰囲気ガスを熱源装置あるいはイオン発生装置などからなるガス乖離機構を通過させる構造をもち、これらガス乖離機構に投入する入力エネルギーを変えることでガスの乖離状態を変化させ、作製される膜中の窒素あるいは炭素濃度を制御することを特徴とする上記請求項1ないし5記載の強磁性金属化合物膜の作製方法。

【請求項9】上記請求項1から5に記載した強磁性化合物膜において、 $1 \times 10^{-7} \text{ Torr}$ 以下の真空雰囲気中で 150°C 以上 250°C 以下の範囲の試料温度で熱処理する温度と時間によって垂直磁気異方性の大きさを変化させることを可能ならしめることを特徴とする強磁性金属化合物膜の作製方法。

【請求項10】上記請求項1から5に記載した強磁性化合物膜について、膜作製中の基板温度を 80°C 以上 300°C 以下の範囲で高くすることにより垂直磁気異方性の大きさを大きくするように制御することを特徴とする強磁性金属化合物膜の作製方法。

【請求項11】上記請求項1から5に記載した強磁性化合物膜について、膜作製中の蒸着速度を 0.004 \AA/s 以上 0.02 \AA/s 以下の範囲の適当な値で膜作製することによって垂直磁気異方性の大きさを変化させることを特徴とする強磁性金属化合物膜の作製方法。

【請求項12】基板および記録層を備えた垂直磁気記録媒体の記録層上層に上記請求項1ないし5記載した強磁性金属化合物膜を用いることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項13】上記請求項12にて示した垂直磁気記録媒体を記録媒体として備えていることを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁性材料および垂直磁気記録媒体に関し、特に高記録密度磁気記録再生装置、垂直磁気記録材料、高飽和磁化材料に関わるものである。

【0002】

【従来の技術】磁気記録の高密度化に伴い、面内記録媒体では記録ビットが磁気記録媒体の結晶粒の大きさに接近するため、粒子間の磁気的結合を弱くすること、および、粒子ノイズを防ぐ目的で記録ビット中の粒子数を増やすこと、即ち結晶粒の微細化が必要で有るが、粒子が一定の大きさよりも小さくなると粒子が超常磁性化し、

記録できなくなるという限界がある。

【0003】垂直磁気記録は、その特徴により膜厚を厚くできるので、ビットの体積を大きくすることができる。よって垂直磁気記録方式の検討は進められてきており、単層あるいは2層からなる垂直磁気記録媒体が多く検討されている。

【0004】垂直磁気記録の記録層に用いる材料は、主としてCo系合金を用いたものが多い。これらの合金膜の垂直磁気異方性エネルギーは $K_u = 1 \sim 5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ である。これらの材料は飽和磁束密度が低いために磁化が立ちやすく、また、保磁力が数kOeと大きいため記録層として利用されている。しかしながら飽和磁束密度が低いために磁極から漏れ磁束は弱い。

【0005】垂直磁気異方性をもつ物質の異方性は、一般に物質によって一つに決まっている。技術的にこれを調整する手段として、膜厚を制御して見かけの垂直磁気異方性を調整する方法や、膜中の微細構造（柱状構造など）により磁気異方性を誘導する方法が一般に知られている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術では垂直磁気異方性を発生する磁性体として主にCo系の合金の膜を使用している。報告によるとこの垂直磁気異方性が約 $4.5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ であり、飽和磁化は高々数kOe程度以下である。従って磁極から漏れ磁束は弱い。

【0007】ここで、材料上の問題点として、高密度の記録を行う上では、なるべく小さい素子で高い垂直磁気異方性がとれること、すなわち、垂直磁気異方性エネルギーが大きいことと、飽和磁化がある程度高いこと、そして保磁力が適切な値であることの3点が重要な課題である。

【0008】従って、本発明の目的は、保磁力の大きい垂直磁気異方性をもつ記録層の垂直磁化の上に飽和磁束密度が高く、垂直磁気異方性を制御した膜を付けて、媒体からの出力を高くするもので、なるべく薄い膜で磁化を安定化し、記録層からの出力をより高くするための、高い飽和磁化と垂直磁気異方性を持ち、さらにこの垂直磁気異方性を制御できる材料と、これを用いた垂直磁気記録媒体の基本的構造を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の課題は、飽和磁化が高い状態で一定でありながら、同一の組成状態で垂直磁気異方性を特定の範囲で任意の値に設定できる物質を示す点にある。

【0010】ここで、垂直磁気異方性とは、膜の磁化の方向を膜面に対して垂直な方向に向けたときの向けやすさを意味する。垂直磁気異方性エネルギーが大きいときは、比較的容易に磁化は膜面に垂直な方向を向く性質を持つ。特にこの垂直磁気異方性エネルギーが磁化による静磁エネルギーよりも高い場合、外部磁場を与えなくて

も磁化は膜面に垂直な磁化をもつ。また、保磁力とは磁化の向きを逆方向に向けようとするときに必要な磁界の大きさである。磁気記録媒体における保磁力は外界からうける乱れ磁界よりも大きく、かつ、記録消磁可能な範囲の中になければならない。

【0011】本発明で提供した材料は、単結晶基板上に作製したFe, Co, Niの少なくとも一種類の強磁性体金属原子にNあるいはCという非磁性原子を侵入させた体心正方晶をもつ強磁性化合物膜およびこの強磁性化合物膜を少なくとも一層含む構成される多層膜である。特に、単結晶基板上に作製した Fe_{16}N_2 単結晶膜については、飽和磁化が $29.2 \pm 0.7 \text{ kG}$ の状態、垂直磁気異方性エネルギーが $6 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上 $25 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以下の範囲の任意の値をとり、Fe-Nマルテンサイト膜では飽和磁束密度が室温で $24.2 \pm 0.5 \text{ kG}$ の状態、垂直磁気異方性エネルギーが $1 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ から $5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ まで変化する。この飽和磁化はFeやCoなどの3d金属のなかでは最も大きく、NiFe系の最大の飽和磁化よりも約3倍大きく、実用上十分大きい値である。Fe-Nマルテンサイト膜についてもFeより大きい。垂直磁気異方性についてもCoと比較してかなり大きな値をとることが判る。

【0012】この材料を選んだ理由は、実験的にFe, Co, Niなどの強磁性体金属中の特定の原子位置にNなどの原子が選択的に侵入して結晶格子が一軸的に伸びると、体心正方晶構造となり、磁気モーメントが増すことがわかり、かつ、このときに垂直磁気異方性エネルギーが従来の金属より高くなっていたことによる。原理は不明だが、膜中の規則領域の大きさによって磁気異方性が大きくなっているらしいと考えられており、規則度の高い領域の大きさが大きくなると垂直磁気異方性が增大していると考えられる。

【0013】本発明ではこのような強磁性化合物膜およびこれを少なくとも一層がこれによって構成される多層膜と、これを利用した高出力の垂直磁気記録媒体により高記録密度を可能にする磁気記録装置を実現できると考える。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の強磁性化合物膜あるいは多層膜は以下の方法で作製した。作製した膜は(1) Fe_{16}N_2 膜、(2) FeNマルテンサイト膜、(3) FeCマルテンサイト膜である。(1)から(3)は超高真空蒸着装置により作製した。基板としてGaAs(001)単結晶基板、あるいはInGaAs(001)単結晶基板、あるいはMgO(001)単結晶基板上に膜厚30nmのFe膜を蒸着した基板を用いた。超高真空蒸着装置中でこれら基板の温度を 120°C 以上 250°C 以下の範囲で昇温し一定とした。それぞれの膜は以下のように作製した。

【0015】(1) Fe_{16}N_2 膜

GaAs(001)単結晶基板上に基板温度200℃で一定とし、 2×10^{-4} Torrの $N_2 + NH_3$ ガス雰囲気中で蒸着速度0.01 Å/sで作製した。膜厚は34 nmである。

【0016】(2) FeNマルテンサイト膜

GaAs(001)単結晶基板上に基板温度150℃で一定とし、 2×10^{-4} Torrの $N_2 + NH_3$ ガス雰囲気中で蒸着速度0.01 Å/sで作製した。膜厚は80 nmである。

【0017】(3) FeCマルテンサイト膜

基板温度150℃で一定とし、また、同時に CH_3 ガスをイオン化したビームを膜表面に照射して蒸着速度0.01 Å/sで作製した。膜厚は40 nmである。

【0018】上述した(1)の $Fe_{16}N_2$ 膜の室温における幾つかの面についてのX線回折パターンを図1

(a), (b), (c)に示す。図1からX線回折のピークの幅($\Delta\theta_{50}$)は1°未満で十分細く、良好な結晶性であり、膜は単結晶膜である。このピーク角度からa軸、c軸の格子定数はそれぞれ5.72, 6.28 Åと求められる。従って、結晶構造としては体心正方晶をとることがわかる。a軸、c軸の格子定数はそれぞれ5.72, 6.28 Åと求められる。この膜について磁気異方性を測定する手段として、図2に示すような磁気トルク曲線の振幅から求める方法が一般的である。このような方法で測定した結果、垂直磁気トルクは 2.4×10^7 erg/ccとなる。飽和磁束密度が29 kGであることから、垂直磁気異方性は 7.8×10^6 erg/ccであり、異方性磁界は6.8 kOeになる。同様に(2)から(3)まで測定した結果、(2)では垂直磁気トルクは 1.9×10^7 erg/ccとなる。飽和磁束密度が24 kGであることから、垂直磁気異方性は 3.9×10^6 erg/ccであり、異方性磁界は4.1 kOeになる。(3)では垂直磁気トルクは 1.7×10^7 erg/ccとなる。飽和磁束密度が23 kGであることから、垂直磁気異方性は 4.0×10^6 erg/ccであり、異方性磁界は4.3 kOeになる。

【0019】上述した(1)から(3)の膜は、作製方法によって、飽和磁束密度は変わらずに垂直磁気異方性の異なる膜を作製できる。(1)の $Fe_{16}N_2$ 膜は、膜作製時の温度を変えて作製したとき図3の31に示すように垂直磁気異方性は基板温度の上昇に伴って増加した。また、膜作製時の蒸着速度を遅くすると図4に示すように垂直磁気異方性は増加した。また、同一の条件で作製した膜について真空中で基板温度を250℃において熱処理したとき、熱処理時間を長くすると図5にあるように垂直磁気異方性はゆっくりと増加した。

【0020】これらのことから、膜中の結晶粒が大きくなる方向の処理を行うとき垂直磁気異方性は大きくなっていく傾向にある。ただし、このとき作製される膜は単結晶であるから、この処理は膜中の侵入原子が規則的に

配置した領域の体積が大きくなる作用をしていると考えられる。この傾向は、例えば32, 33の曲線から明らかのように(1)から(3)の全ての膜についてほぼ同様である。

【0021】次にこれらの膜を用いた垂直磁気記録媒体について実施例を示す。図6に本発明の垂直磁気記録媒体の概念図を示す。媒体の基本的構造は、基板62とその上に作製した記録層61からなる。基板62と記録層61との間にNiFe膜、Co膜やCr膜を挟み、記録層の膜の結晶粒を制御し、磁化の安定化を図った構造63をとることもある。

【0022】記録層64に用いた材料はCoCr, CoCrPt, CoCrTa, CoCrW等を用いた。この記録層64は単層で用いる場合と2層にする場合がほとんどである。これらの記録層64は、数十〜数百nmの膜厚で作製された。この記録層64の上面にFe-Nマルテンサイトを厚さ10 nm成長させた。このときの膜65の垂直磁気異方性を調整し、 $4\pi M_s - H_{KP}$ が下地の記録層64の大きさより小さくなるようにしてやると記録層の磁化64を増幅するような働きをする。さらに、この垂直磁気記録媒体に記録する磁気記録ヘッドと読み取り用のREADヘッドを備えた装置の概念図を図7に示す。磁気記録ヘッド73, 74, 75は膜面71に対して磁極75が垂直な向きで配置されている。また、読み取りヘッド76は、高感度なMR(磁気抵抗効果)ヘッドあるいはGMR(巨大磁気抵抗効果)ヘッドを用いている。これらのヘッドは高速で回転する垂直磁気記録媒体の表面71からわずかに浮上するような構造をもったスライダーに取り付けられており、記録再生を行い、磁気記録装置を構成している。

【0023】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば垂直磁気異方性の大きく、しかも飽和磁束密度一定のまま垂直磁気異方性の大きさを制御可能な物質および、それを用いた磁気記録装置を提供することができる。これによって、高記録密度の垂直磁気記録再生装置を作製できる可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による $Fe_{16}N_2$ 膜のX線回折プロファイルを示す特性図。

【図2】本発明による $Fe_{16}N_2$ 膜の磁気トルク曲線図。

【図3】本発明による膜の垂直磁気異方性の膜作製温度依存性を示す特性図。

【図4】本発明による $Fe_{16}N_2$ 膜の垂直磁気異方性の膜作製速度依存性を示す特性図。

【図5】本発明による $Fe_{16}N_2$ 膜の垂直磁気異方性の熱処理時間依存性を示す特性図。

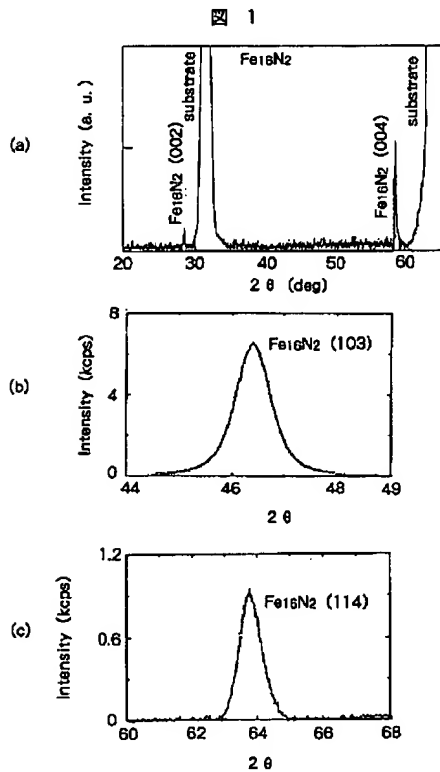
【図6】本発明による垂直磁気記録媒体の概念を示す構成図。

【図7】本発明による垂直磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置の概念を示す構成図。

【符号の説明】

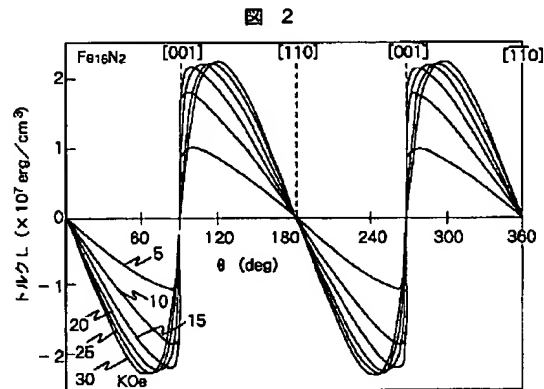
11… Fe_{16}N_2 膜のc軸方向のX線回折曲線、12… Fe_{16}N_2 膜の(103)面のX線回折ピーク、13… Fe_{16}N_2 膜の(114)面のX線回折ピーク、21…垂直磁気トルク曲線、31… Fe_{16}N_2 膜の垂直磁気異方性の膜作製温度依存性、32… Fe-N マルテンサイト膜の垂直磁気異方性の膜作製温度依存性、33… Fe-C 膜

【図1】

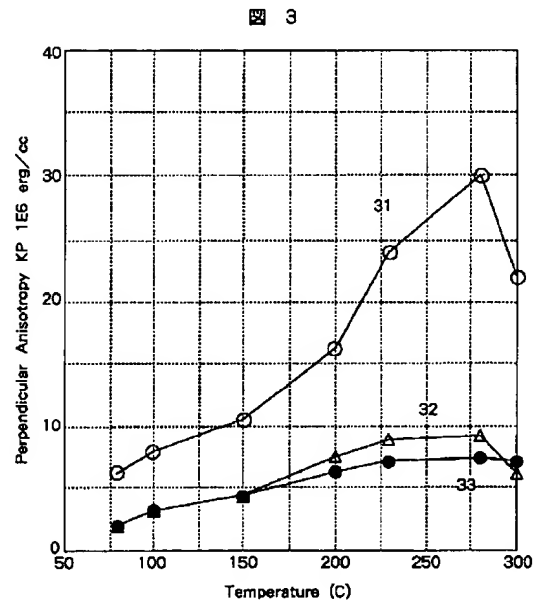


の垂直磁気異方性の膜作製温度依存性、41… Fe_{16}N_2 膜の垂直磁気異方性の膜作製速度依存性、51… Fe_{16}N_2 膜の垂直磁気異方性の熱処理時間依存性、61…記録層、62…基板、63…構造層、64, 72…記録層および垂直磁化、65, 71…垂直磁気記録増幅膜、73…記録用ヘッドの上部磁気コア、74…記録用ヘッドのコイル、75…記録用ヘッドの下部磁気コア、76…再生ヘッド。

【図2】

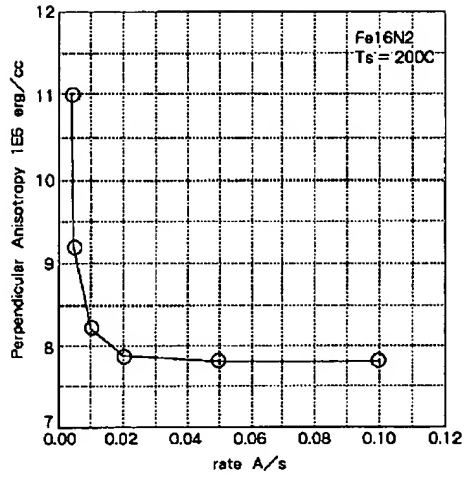


【図3】



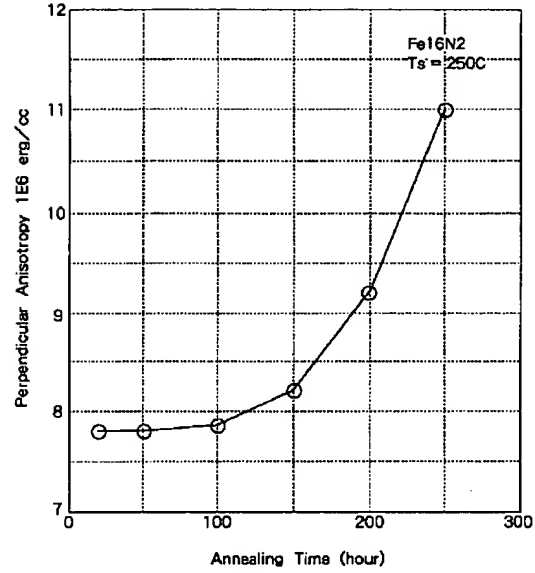
【図4】

図 4



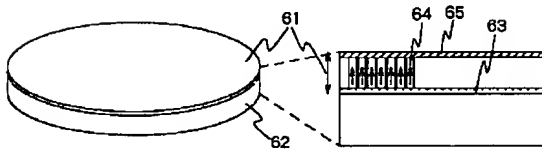
【図5】

図 5



【図6】

図 6



【図7】

図 7

